

Технологические способы снижения температуры спекания керамики на основе системы ЦТС

М.А. Мараховский, М.В. Таланов, В.А. Мараховский, А.Е. Панич

Южный федеральный университет, 344090 Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: marmisha@mail.ru

В процессе изготовления многослойных пьезокерамических преобразователей с низковольтным управляющим напряжением технологические операции спекания керамических слоёв, а также вжигания токопроводящих электродов проводятся синхронно и температуры процессов должны быть согласованы. Используемые при этом высокоэффективные пьезокерамические материалы на основе системы цирконата-титаната свинца имеют температуры спекания выше 1200°C, что требует применения дорогостоящих Pt паст в качестве электродов. Сокращение температур спекания до 1100°C позволит использовать менее дорогие Ag-Pd пасты, что существенно снизит себестоимость таких преобразователей [1-4].

Целью работы являлось исследование возможностей снижения температуры спекания высокоэффективного пьезокерамического материала без потери его функциональных параметров за счёт применения на этапе спекания различного технологического оборудования.

В качестве модельного объекта исследования был выбран сегнетомягкий пьезокерамический материал на основе системы $(1-x)\text{PbZrO}_3-x\text{PbTiO}_3$ легированный добавками Nb, Ba, Sr, Mg, Zn с температурой спекания 1230°C.

Керамические элементы указанного состава были получены твердофазным синтезом и спекались различными способами: по традиционной керамической технологии (камерная печь с атмосферным давлением), горячим прессованием с одноосным давлением и методом искрового плазменного спекания с импульсами постоянного тока.

Качество спекания пьезокерамических элементов оценивалась по снимкам микроструктуры, полученным на растровом электронном микроскопе (JEOL JSM-6390LA) и по значениям плотности, измеренным методом гидростатического взвешивания.

Анализ полученных результатов показал актуальность использования методов горячего прессования и искрового плазменного спекания для снижения температур спекания рассмотренного пьезокерамического материала до 1000°C в сравнении со спеканием по традиционной керамической технологии. При этом удалось повысить значения плотности (ρ) на 5%, а также относительной диэлектрической проницаемости ($\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$) и пьезоэлектрического модуля (d_{33}) на 25 и 36%, соответственно.

Таким образом, снижение температуры спекания пьезокерамического материала позволит не только существенно сократить себестоимость будущих многослойных преобразователей, но и снизить испарение PbO в атмосферу при их изготовлении. Увеличенные значения основных функциональных параметров пьезокерамики в составе многослойного преобразователя приведут к повышению его эффективности.

1. W. Wersing, H. Wahl, M. Schnoller, *Ferroelectrics* **87**, 271 (1988).
2. N.N. Wathore, B. Rawal, P. Dixit, S. Mandave, B. Praveenkumar, K.M. Rajan, *J. Electron. Mater.* **48**(2), 845 (2019).
3. A.C. Caballero, E. Nieto, P. Duran, C. Moure, M. Kosec, Z. Samardzija, G. Drazic, *J. Mater. Sci.* **32**(12), 3257 (1997).
4. В.В. Еремкин, В.Г. Смотраков, М.А. Мараховский, А.А. Панич, С.Е. Филиппов, Л.А. Шилкина, О.Е. Брыль, *Наука и технологии. Материаловедение* **10**, 20 (2014).